Lane Medical Library

Aus der
Physiologischen Anstalt der Friedrich-Schiller-Universität Jena

Über die Geschmackswirkung von anorganischen Beryllium-, Cadmium- und Mangan-verbindungen

STANFORD UNIVERSITY
DEC
17
1938
LIBRARY

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der zahnärztlichen Doktorwürde
einer Hohen Medizinischen Fakultät der
Friedrich-Schiller-Universität Jena

vorgelegt von

Kuno Stegner
aus Judenbach/Thüringen.

1 9 3 7

Bernhard Sporn Verlag Zeulenroda

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität zu Jena.

Gutachter: Prof. Dr. E. v. Skramlik.

Jena, den 23. April 1937.

Prof. Dr. G. Buhtz,
dz. Dekan.

Die Arbeit wurde in der Physiologischen Anstalt der Friedrich-Schiller-Universität zu Jena unter Anleitung von Herrn Professor E. v. Skramlik fertiggestellt. Ich versichere eidesstattlich, daß darüber hinaus keine weitere Beihilfe stattgefunden hat.

I. Einleitung.

Bisher wurden auf ihre geschmackliche Wirkung in erster Linie die Alkalisalze untersucht[1—3], und zwar an der Hand der sogenannten Mischungsgleichungen. In neuerer Zeit kam hinzu die Prüfung der Geschmackswirkung von Lösungen anorganischer Magnesium- und Kalciumsalze durch Böhme[4], anorganischer Strontium-, Barium- und Nickelsalze durch Schulz[5], sowie anorganischer Eisen- und Cobaltsalze durch Schneider[6].

Es war erwünscht, auch über die Geschmackswirkung einer Anzahl anderer Metallsalzverbindungen Aufschluß zu bekommen. Deswegen habe ich es mir zur Aufgabe gemacht, die Beryllium-, Cadmium- und Mangansalze zu prüfen, soweit sie leicht löslich und in reinster Form erhältlich sind. Über das Ergebnis dieser Untersuchungen wird in der vorliegenden Arbeit berichtet.

II. Eigene Untersuchungen.

Das aufgeworfene Problem konnte entsprechend den bisherigen Erfahrungen auf diesem Gebiete nur dadurch einer Lösung zugeführt werden, daß ich für verschiedene Vpn. Gemische von Vertretern des rein bitteren, rein salzigen, rein sauren und rein süßen Geschmackes herzustellen suchte, die sich durch den Geschmack von dem einheit-

1) vgl. hier v. Skramlik, E. Mischungsgleichungen im Gebiete des Geschmackssinnes. Ber. üb. d. ges. Physiol. 2, 168. 1920, sowie Ztschr. f. Sinnesphysiol. 53, 36. 1921.

2) ders., Mischungsgleichungen im Gebiete des Geschmackssinnes. II. Ztschr. f. Sinnesphysiol. 53, 219. 1922.

3) ders., Handbuch der Physiologie der niederen Sinne. Bd. I. S. 454 ff. Leipzig 1926.

4) Böhme, M. Über die Geschmackswirkung von anorganischen Kalcium- und Magnesiumsalzen. Inaugural-Dissertation. Jena 1936.

5) Schulz, H. Über die Geschmackswirkung von anorganischen Strontium-, Barium- und Nickelsalzen. Inaugural-Dissertation. Jena 1936.

6) Schneider, K. Über die Geschmackswirkung von anorganischen Eisen- und Cobaltsalzen. Inaugural-Dissertation. Jena 1937.

lichen Körper (den Beryllium-, Cadmium- und Mangansalzlösungen) nicht unterscheiden ließen.

Als Vpn. waren tätig: 1) Frl. cand. med. dent. Käthe Schneider, 2) Herr Zahnarzt Karl-Heinz Adamtzik, 3) Herr Zahnarzt Herbert Schulz, 4) Verf. Es liegt mir am Herzen, meinen Mitarbeitern auch an dieser Stelle für die viele Mühe und Sorgfalt, die sie an die Versuche gewandt haben, aufrichtigst zu danken.

Zur Herstellung der Mischungen wurden Stammlösungen verwendet, und zwar als Vertreter von bitter eine 0,00139 m Chinin hydrochloricum-Lösung, von salzig eine 1,71 m Natriumchlorid-Lösung, von sauer eine 0,0298 m Weinsteinsäure-Lösung und von süß eine 1,16 m Rohrzucker-Lösung, die ich nach Bedarf noch weiter verdünnte. Die Abmessung der Dosen geschah mit Hilfe von Pipetten, die in $^1/_{100}$ ccm eingeteilt waren. Die dargereichten Geschmacksproben umfaßten stets 10 ccm Flüssigkeit, und zwar sowohl für den einheitlichen Körper, als auch für die Gemische. Beide mußten zur Prüfung zumindest 20 Sek. im Munde gehalten werden.

Als erstes bestimmte ich für meine vier Vpn. die Geschmacksschwellen. Die Werte sind in Tabelle 1 niedergelegt. Es stellte sich heraus, daß sie sich in die bisher gefundenen Werte[7] gut einreihen. Im ersten Stab der Tabelle 1 sind die verwendeten Substanzen angeführt, im zweiten deren chemische Formeln, im dritten deren Molekulargewicht, im vierten die Zahl der zur Probe verwendeten ccm Flüssigkeit, im fünften die Vpn., im sechsten die molare Konzentration der Lösung, welche bereits eine Geschmackswirkung auslöste, im siebenten Stabe die dieser Konzentration und der Anzahl der ccm entsprechende Menge der betreffenden Substanz in Gramm, im achten Stabe endlich die Anzahl der Moleküle, berechnet auf Grund der Werte aus Stab 7 und der Loschmidt'schen Zahl.

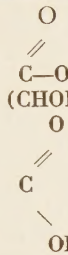
An Salzen verwendete ich 11, und zwar

1) Berylliumchlorid, $BeCl_2 \cdot 4\ H_2O$,
2) Berylliumbromid, sublimiert, $BeBr_2$,
3) Berylliumnitrat, $Be(NO_3)_2 \cdot 3\ H_2O$,
4) Berylliumsulfat, $BeSO_4 \cdot 4\ H_2O$,

7) vgl. die Tabelle in dem (s. Fußn. 3, S. 3 erwähnten) Handbuche von E. v. Skramlik, Seite 491 ff.

Tabelle 1.

Geschmacksschwellen für Vertreter des rein bitteren, rein salzigen, rein sauren und rein süßen Geschmackes für 4 Vpn.

Substanz	chem. Formel	Molekular-Gewicht	ccm	Vp.	molare Lösung	absolute Menge in Gramm	Anzahl der Moleküle
Chinin hydrochlor.	$C_{20}H_{24}N_2O_2 \cdot HCl$ (+ 2 aq.)	360,67	10	1	0,0000083	0,000030	$0{,}050 \times 10^{18}$
				2	0,0000083	0,000030	$0{,}050 \times 10^{18}$
				3	0,0000097	0,000035	$0{,}058 \times 10^{18}$
				4	0,0000097	0,000035	$0{,}058 \times 10^{18}$
Kochsalz	NaCl	58,5	10	1	0,0070	0,004	$41{,}79 \times 10^{18}$
				2	0,0085	0,005	$51{,}81 \times 10^{18}$
				3	0,0136	0,008	$82{,}87 \times 10^{18}$
				4	0,0085	0,005	$51{,}81 \times 10^{18}$
Weinsteinsäure		168,1	10	1	0,000083	0,00015	$0{,}54 \times 10^{18}$
				2	0,000140	0,00025	$0{,}90 \times 10^{18}$
				3	0,000140	0,00025	$0{,}90 \times 10^{18}$
				4	0,000110	0,00020	$0{,}72 \times 10^{18}$
Rohrzucker	$C_{12}H_{22}O_{11}$	342,2	10	1	0,0095	0,032	$56{,}66 \times 10^{18}$
				2	0,0105	0,036	$63{,}73 \times 10^{18}$
				3	0,0081	0,028	$49{,}58 \times 10^{18}$
				4	0,0081	0,028	$49{,}58 \times 10^{18}$

5) Cadmiumchlorid, $CdCl_2 \cdot 2\,H_2O$,
6) Cadmiumbromid, $CdBr_2 \cdot 4\,H_2O$,
7) Cadmiumnitrat, $Cd(NO_3)_2 \cdot 4\,H_2O$,
8) Cadmiumsulfat, $CdSO_4 \cdot {}^8/_3\,H_2O$,
9) Manganchlorür, $MnCl_2 \cdot 4\,H_2O$,
10) Mangannitrat, $Mn(NO_3)_2 \cdot 4\,H_2O$,
11) Mangansulfat, $MnSO_4 \cdot 4\,H_2O$.

Es waren dies alles pro analysi - Präparate verschiedener Firmen, und zwar entstammten Nr. 1, 3, 5 bis 7, sowie 9 bis 11 der Fa. E. Merck in Darmstadt, Nr. 2 der Fa. I. D. Riedel-E. de Haën, Hannover, Nr. 4 der Deutschen Gold- und Silberscheideanstalt in Frankfurt/M. und Nr. 8 der Fa. Schering-Kahlbaum in Berlin.

Es mußte natürlich darauf geachtet werden, daß die Salze nicht in zu starker Konzentration verwendet wurden, um störende Nebenempfindungen zu vermeiden, die mit einer Geschmackswirkung nichts zu tun haben. Die von mir verwendeten Beryllium-, Cadmium- und Mangansalze verursachten in größerer Konzentration jene eigenartige Erscheinung, die im Sprachgebrauch als „Stumpfwerden der Zähne" bezeichnet wird. Sie äußert sich darin[8], daß die Zunge an den Zähnen, wenn sie mit diesen in Berührung gebracht wird, nicht eine glatte, sondern eine Art rauher oder stumpfer Oberfläche vorfindet. In höheren Konzentrationen machte sich außerdem bei den Cadmiumsalzen ein Prikkeln bemerkbar, das u. U. solche Grade annahm, daß es dadurch, offenbar auf reflektorischem Wege, zu einer Kontraktion vor allem der Wangen- und Mundboden-, zum Teil auch der Zungenmuskulatur kam. Die Beryllium- und Cadmiumsalze verursachten auch jene Empfindung, die man als Adstringieren bezeichnet und die von Herlitzka[9] genauer untersucht wurde.

Um diese störenden Nebenempfindungen und -erscheinungen mit Sicherheit auszuschalten, ermittelte ich zwei Konzentrationen: diejenige, bei der sie nicht zu verzeichnen waren, und diejenige (hö-

8) vgl. darüber die Ausführungen in der Arbeit von Schneider, K. s. Fußn. 6, Seite 3.

9) Herlitzka, A. Sul sapore metallico, sulla sensazione adstringente e sul sapore dei sali. Arch. di fisiol. 5, 217. 1908.

here), bei der sie mit Deutlichkeit festgestellt werden konnten. Für die Ermittlung der Mischungsgleichungen wurden dann die Salze in einer solchen Konzentration verwendet, die dem Mittelwert dieser beiden Lösungen entsprach. Dies war umso leichter möglich, als sich bei den angewandten Salzen individuelle Unterschiede in den genannten Mindest- bzw. Höchstkonzentration nicht ergaben.

Bei der geschmacklichen Prüfung der Lösungen der genannten Salze ergaben sich in einigen Fällen Erscheinungen im Sinne eines Nachgeschmackes bzw. einer Umstimmung des Geschmackswerkzeuges (s. Tab. 2). Diese können durch Lösungen von anorganischen genau so wie organischen Salzen sehr leicht herbeigeführt werden und ermöglichen ein Erkennen der Lösung des einheitlichen Körpers, wenn man nicht zu besonderen Maßregeln greift.

Ein süßer Nachgeschmack machte sich ausnahmslos bei allen meinen Vpn. beim Einnehmen einer Lösung von $Mn(NO_3)_2$ bemerkbar; außerdem bei Vp. 4 durch Verwendung einer Lösung von $MnCl_2$ und $MnSO_4$. Diese Tatsache lehrt von neuem die individuell bedingten Schwankungen im Auftreten des Nachgeschmackes.

Umstimmungserscheinungen in dem Sinne, daß das zum Ausspülen des Mundes verwendete Trinkwasser süß schmeckte, waren vor allem bei Anwendung von $Mn(NO_3)_2$, bei Vp. 4 auch bei Anwendung der beiden anderen Mangansalze gegeben. Beim $BeBr_2$ machte sich bei allen Vpn. ein gewisser Geruch nach Brom bemerkbar. In diesem Falle mußte man bei der Prüfung die Nasenklemme anlegen.

In der Tabelle 3 sind nun die Geschmacksgleichungen für die von mir geprüften 11 Salze und für meine 4 Vpn. zusammengestellt, soweit sie sich ermitteln ließen. Um allen Nebenerscheinungen aus dem Wege zu gehen, muß man die Salze in einer sehr geringen Konzentration verwenden. Eine geschmackliche Prüfung von Verdünnungen der ermittelten molaren Lösungen war nicht möglich, aus dem einfachen Grunde, weil dann die betreffende Salzlösung überhaupt keinen Geschmack hatte.

Die Berylliumsalze wiesen vor allem den bekannten Süßgeschmack auf, der schon den ersten Untersuchern, vor

allem Höber und Kiesow[10], sowie v. Skramlik[11] aufgefallen war. Das $BeCl_2$ schmeckte rein süß. Die drei übrigen Berylliumsalze ($BeBr_2$, $Be(NO_3)_2$ und $BeSO_4$) schmeckten neben süß auch noch ausgeprägt sauer, vor allem das $BeBr_2$. Bei der Anwendung dieses letztgenannten Salzes ergaben sich eigenartige Geschmackserscheinungen. Nach Einnahme von 10 ccm einer 0,029 m $BeBr_2$-Lösung trat ein sehr deutlicher Süßgeschmack auf, daneben auch ein saurer Geschmack. Der süße Geschmack begann nach ungefähr 5 sec abzuklingen und wich dann allmählich dem sauren Geschmack, der zuletzt vorherrschte.

Anders als das $BeBr_2$ verhielt sich das $BeSO_4$. Hier machte sich zuerst der saure Geschmack bemerkbar, der allmählich zurücktrat und den Süßgeschmack vorherrschen ließ.

Tabelle 2.

Salz	Nachgeschmäcke				Umstimmungen			
	Vp. 1	Vp. 2	Vp. 3	Vp. 4	Vp. 1	Vp. 2	Vp. 3	Vp. 4
0,066 m $MnCl_2$	—	—	—	süß	—	—	—	süß
0,048 m $Mn(NO_3)_2$	süß	süß	süß	süß	süß	süß	süß	süß
0,22 m $MnSO_4$	—	—	—	süß	—	—	—	süß

Die Cadmiumsalze verursachen verschiedenartige Geschmackswirkungen. Das $CdCl_2$ schmeckte für die Vpn. 1 und 2 stärker, für die übrigen Vpn. schwächer süß; für die Vpn. 2 bis 4 hatte dieses Salz außerdem einen bitteren Geschmack, der sich sehr bald nach Einnehmen der Lösung in die Mundhöhle bemerkbar machte. Das $CdBr_2$ wies in der Konzentration einer 0,0026 m Lösung für Vp. 1 überhaupt keinen Geschmack auf, in einer stärkeren Konzentration konnte es aber nicht verwendet werden, weil es dann sofort starke Nebenerscheinungen in der Mundhöhle, hauptsächlich

10) Höber, R. u. Kiesow, F. Über den Geschmack von Salzen und Laugen. Ztschr. f. physikal. Chemie. 27, 601. 1898.

11) v. Skramlik, E. s. Fußnote 1, Seite 3.

Tabelle 3.
Geschmacksgleichungen für 11 anorganische Salze.

Vp.	Salz	gg.	Chin. hydr.	NaCl	Acid. tart.	Sacch.
1	0,0019 m $BeCl_2$	„	—	—	—	0,040
2			—	—	—	0,043
3			—	—	—	0,021
4			—	—	—	0,040
1	0,029 m $BeBr_2$	„	—	—	0,012	0,24
2			—	—	0,013	0,24
3			—	—	0,012	0,17
4			—	—	0,012	0,14
1	0,0080 m	„	—	—	0,0010	0,058
2	$Be(NO_3)_2$		—	—	0,0012	0,052
3			—	—	0,0011	0,033
4			—	—	0,0012	0,044
1	0,011 m $BeSO_4$	„	—	—	0,0038	0,093
2			—	—	0,0043	0,087
3			—	—	0,0033	0,052
4			—	—	0,0041	0,076
1	0,0014 m $CdCl_2$	„	—	—	—	0,0170
2			0,0000110	—	—	0,0110
3			0,0000110	—	—	0,0047
4			0,0000055	—	—	0,0047
1	0,0026 m $CdBr_2$	„	—	—	—	—
2			0,0000410	—	0,00056	—
3			0,0000410	—	0,00053	—
4			0,0000083	—	0,00021	0,0035
1	0,00097 m	„	—	—	—	—
2	$Cd(NO_3)_2$		—	—	—	—
3			—	—	—	—
4			—	—	—	—
1	0,0070 m $CdSO_4$	„	—	—	—	—
2			0,000031	—	0,00112	0,0070
3			0,000034	—	0,00123	0,0070
4			0,000016	—	0,00059	0,0046
1	0,066 m $MnCl_2$	„	0,00088	0,043	—	—
2			0,00072	0,026	—	—
3			0,00110	0,068	—	—
4			0,00025	0,034	—	—
1	0,048 m	„	0,00083	—	—	—
2	$Mn(NO_3)_2$		0,00063	—	—	—
3			0,00097	—	—	—
4			0,00013	—	—	—
1	0,22 m $MnSO_4$	„	0,00120	—	—	—
2			0,00091	0,013	—	—
3			0,00190	0,051	—	—
4			0,00025	—	—	—

im Sinne eines „Pelzigwerdens" der Zunge, hervorrief. Für diese Vp. fiel also die Schwelle für den Geschmack mit den Schwellen für die üblichen Nebenerscheinungen (Adstringieren, Stumpfwerden der Zähne usw.) zusammen. Für Vpn. 2 bis 4 schmeckte das $CdBr_2$ bitter und in einem gewissen Umfange auch sauer. Für Vp. 4 mußte der Geschmacksmischung eine gewisse Menge an Rohrzucker zugefügt werden, um eine Geschmacksgleichheit zu erzielen. Der süße Geschmack wurde aber für sich nicht wahrgenommen.

Eigenartig liegen die Verhältnisse für das $Cd(NO_3)_2$. Diejenige Konzentration, in der das Salz keine Nebenerscheinungen hervorrief, erwies sich für sämtliche meiner Vpn. als geschmacklos. Hier ist also wieder der Fall gegeben, daß die Schwelle für den Geschmack mit der Schwelle für die Nebenerscheinungen in der Mundhöhle zusammenfällt.

Das $CdSO_4$ wurde in einer 0,0070 m Lösung verwendet. In dieser besaß es für Vp. 1 keinen Geschmack. Die Zunge wurde dadurch aber „pelzig". Für die übrigen Vpn. 2 bis 4 schmeckte dieses Salz vor allem sauer, daneben aber auch bitter und etwas süß.

Die verwendeten Mangansalze schmeckten ausnahmslos für alle Vpn. bitter. $MnCl_2$ besaß daneben auch noch einen schwach salzigen Geschmack. $MnSO_4$ schmeckte bitter und wies nur für die Vpn. 2 und 3 einen schwach salzigen Geschmack auf.

Betrachtet man nunmehr die erzielten 38 Gleichungen unter dem Gesichtspunkte der Komponentenzahl, so ist festzustellen, daß 11 von ihnen einkomponentig und 23 zweikomponentig waren. Die übrigen 4 waren dreikomponentig. Eine vierkomponentige Gleichung war niemals festzustellen.

Bei den Mangansalzen ist man in der Lage, den Grad des salzigen Charakters an der Hand des Verhältnisses

$$f = \frac{\text{m Kochsalz}}{\text{m Salz}}$$

zu bestimmen. Es handelt sich hier um einen Konzentrationsquotient: m Kochsalzlösung, geteilt durch die ihr gleichschmeckende Lösung des verwendeten Salzes, wobei die äquimolekulare Kochsalzlösung als Einheit genommen wird. In Tabelle 4 sind diese Konzentrationsquotienten f für die zwei in Frage kommenden Salze $MnCl_2$ und $MnSO_4$ zusammengestellt, für das $MnCl_2$ für sämtliche Vpn., für das $MnSO_4$

nur für die Vpn. 2 und 3. Bei dem Salz $MnCl_2$ schwankte der Konzentrationsquotient f zwischen 0,4 und 1,0, bei dem $MnSO_4$ für die Vpn. 2 und 3 zwischen 0,06 und 0,2. Es ergeben sich also beträchtliche individuelle Unterschiede.

In der Tabelle 5 sind die Mangansalze, soweit sie einen salzigen Geschmack aufwiesen, in einer Reihe angeordnet, und zwar in dem Sinne, daß jedes folgende Glied schwächer salzig schmeckt als das vorangehende. Diese Reihen weisen natürlich starke individuell bedingte Unterschiede auf. Hervorgehoben sei ausdrücklich noch einmal, daß die Beryllium- und Cadmiumsalze, sowie von den Mangansalzen das $Mn(NO_3)_2$ keinen salzigen Geschmack aufwiesen.

Tabelle 4.

$$f = \frac{m\ NaCl}{m\ Salz}$$

Salz	Vp. 1	Vp. 2	Vp. 3	Vp. 4
$MnCl_2$	0,6	0,4	1,0	0,5
$MnSO_4$	—	0,06	0,2	—

Tabelle 5.

Ordnung der geprüften anorganischen Salze nach ihrem salzigen Geschmack.

$$f = \frac{m\ NaCl}{m\ Salz}$$

f	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
Vp. 1	—	—	—	—	$MnCl_2$	—	—	—	—	—
Vp. 2	—	—	—	—	—	—	$MnCl_2$	—	—	$MnSO_4$
Vp. 3	$MnCl_2$	—	—	—	—	—	—	—	$MnSO_4$	—
Vp. 4	—	—	—	—	—	$MnCl_2$	—	—	—	—

Bei den Berylliumsalzen hatte sich eine ausgeprägte Erscheinung von Umstimmung des Geschmackswerkzeuges bemerkbar gemacht, die zu besprechen erst hier der Ort ist. Diese äußerte sich darin, daß die Salzlösungen beim ersten Einnehmen sehr süß schmeckten, daß sie aber, wenn sie zum zweiten Male zum Proben in die Mundhöhle aufgenommen wurden, keinen so starken Süßgeschmack mehr aufwiesen. Es handelt sich hier um jene Erscheinung, die auf einer Umstimmung des Geschmackswerkzeuges beruht und nach Einnahme von Zuckerlösungen wohl bekannt ist. Sie ist in dem Handbuche von v. Skramlik auf Seite 470 ff. näher beschrieben. Außerdem wurde sie durch Mayer[12] genauer geprüft, und zwar unter Verwendung von verschiedenen Zuckern.

Es erschien mir von Interesse, dieser Erscheinung auch bei Anwendung von $BeBr_2$ in der gleichen Weise nachzugehen, wie dies Mayer getan hat. Ich habe das $BeBr_2$ zu diesen Versuchen herangezogen, weil die Erscheinung der Umstimmung gerade bei diesem Salz ganz besonders ausgeprägt war, viel stärker als bei Anwendung des $BeCl_2$, $Be(NO_3)_2$ und $BeSO_4$.

Bei diesen Versuchen ging ich erstens darauf aus, die Abhängigkeit des Grades der Umstimmung von der Umstimmungsdauer zu prüfen. Zweitens sollte untersucht werden, in welcher Weise die Umstimmung abklingt. Es handelt sich um ein Verfahren, das sich im großen ganzen an das von Mayer eingeschlagene anschließt.

Bei meinen Versuchen kam als umstimmender Reiz eine 0,029 m $BeBr_2$-Lösung in Frage. Als Reiz, durch den der Grad der Umstimmung geprüft wurde, verwendete ich Rohrzucker. Nach den von v. Helmholtz[13] eingeführten Bezeichnungen wird derjenige Reiz, durch dessen Einwirkung eine Umstimmung des ganzen Sinneswerkzeuges oder eines seiner Teile erzielt wird, zweckmäßig der umstimmende genannt; derjenige Reiz dagegen, den wir zur Prüfung des umgestimmten Sinneswerkzeuges benützen, der reagierende. Es waren also in dem vorliegenden Falle umstimmender und reagierender Reiz chemisch nicht gleich; sie lösten aber dieselbe Geschmacksqualität aus. Dies bezieht sich allerdings nur

12) Mayer, B. Messende Untersuchungen über die Umstimmung des Geschmackswerkzeuges. Inaugural-Dissertation. Freiburg 1927.

13) v. Helmholtz, H. Handbuch der physiologischen Optik. Leipzig 1911. Bd. 2, Seite 225.

auf das Süß des $BeBr_2$; denn es wurde ja bereits hervorgehoben, daß dieses Salz neben süß auch noch s c h w a c h s a u e r schmeckte.

Zuerst mußten für meine 4 Vpn. die Geschmacksschwellen für Rohrzucker noch einmal genau geprüft werden. Die ermittelten Werte sind in Tabelle 6 zusammengestellt.

T a b e l l e 6.

Normale Geschmacksschwellen S_n für Rohrzucker in molaren Lösungen, für vier Vpn.

Vp.	Substanz	Menge	S_n
1	Rohrzucker	10 ccm	0,0058 m
2	„	10 ccm	0,0100 m
3	„	10 ccm	0,0058 m
4	„	10 ccm	0,0070 m

1) Zur Beantwortung der vorhin gestellten e r s t e n Frage ging ich so vor, daß ich die 0,029 m $BeBr_2$-Lösung verschieden lange Zeit (0,25, 0,50, 1,00, 1,50, sowie 2,00 Min.) im Munde behielt, die Lösung dann auswarf und kurz hernach von neuem den Schwellenwert für Rohrzucker bestimmte. Unbedingt erforderlich ist es, zwischen dieser Schwellenprobe und dem Auswerfen der umstimmenden Lösung eine Reinigung des Mundes mit Trinkwasser zur gründlichen Entfernung des Salzrestes vorzunehmen.

Bei diesen Versuchen hat es sich herausgestellt, daß die Umstimmung den höchsten Grad bei einer Einwirkungsdauer der 0,029 m $BeBr_2$-Lösung von 60 Sekunden erreicht. Sie bleibt dann bei zusätzlichen 30 Sekunden auf der gleichen Höhe bestehen, d. h. es machte für den Grad der Umstimmung nichts aus, ob man die Lösung 60 oder 90 Sekunden einwirken ließ. Bei einer Einwirkungsdauer von 120 Sekunden beginnt der Umstimmungsgrad bereits wieder nachzulassen. Das geht aus den Zahlenwerten der Tabelle 7, sowie aus Abbildung 1 hervor. Betrachten wir z. B. den Gang der Dinge bei Vp. 1, so stellt es sich heraus, daß das Verhältnis: Schwellenwert nach der Umstimmung (S_u), dividiert durch den bei normalem Organ (S_n also $\frac{S_u}{S_n}$, mit zunehmender Umstimmungsdauer ansteigt. Dieser Wert beträgt nach 15 Sekunden Umstimmungsdauer bei der genannten Vp. 3,3, nach 30 Sekunden Umstimmungsdauer 4,1, nach 60 Se-

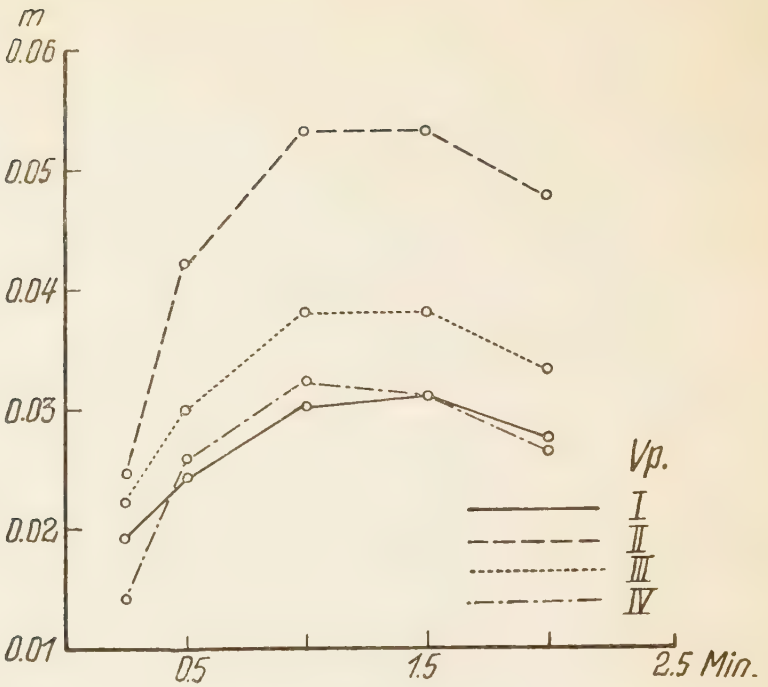


Abb. 1.

Die Abhängigkeit des Grades der Umstimmung von der Umstimmungsdauer bei Anwendung einer 0,029 m $BeBr_2$-Lösung als umstimmendem und einer Rohrzuckerlösung als reagierendem Reiz, bei vier Vpn. In der Abszisse sind die Umstimmungszeiten in Minuten, in der Ordinate die molaren Rohrzuckerlösungen zur Angabe der Schwellen aufgetragen.

kunden Umstimmungsdauer 5,2. Bei 90 Sekunden Umstimmungsdauer findet sich ein Wert von 5,3, der sich von dem zuletzt genannten nur ganz unwesentlich unterscheidet. Bei 120 Sekunden Umstimmungsdauer beginnt der Wert bereits wieder abzusinken; er beträgt 4,6. Dieses Verhalten, das sich bei allen Vpn. beobachten ließ, lehrt, daß sich das Geschmackswerkzeug bei längerer Dauer der Umstimmung trotz Anwesenheit des Reizes allmählich wieder zu erholen beginnt.

Interessant ist es nun, daß der Verlauf der Umstimmung in Abhängigkeit von der Umstimmungsdauer keine nennenswerten individuellen Schwankungen aufwies. Wohl aber sind sehr starke individuell bedingte Abweichungen gegeben in dem Grade, den die Umstimmung unter sonst gleichbleibenden Bedingungen bei den ein-

zelnen Vpn. erreicht[14]). Das geht am besten aus Abbildung 1 hervor. Sie lehrt, daß die Verhältnisse bei den Vpn. 1 und 4 annähernd gleichmäßig lagern. Dagegen war der Grad der Umstimmung bei Vp. 3 unter sonst gleichen Bedingungen schon erheblich größer und am allergrößten bei Vp. 2.

2) Die Frage nach dem Abklingen der Umstimmung läßt sich so lösen, daß man nach Auswerfen der Lösung, die zur Umstimmung verwendet wurde, von Zeit zu Zeit den Schwellenwert für

Tabelle 7.

Feststellung des Grades der Umstimmung, für vier Vpn. Es bedeuten S_u den Schwellenwert für die Rohrzuckerlösung nach der Umstimmung des Geschmackswerkzeuges, S_n die normale Schwelle.

Vp.	Umstimmender Reiz	Umstimmungsdauer	Reagierender Reiz	S_u	S_n	$\frac{S_u}{S_n}$
1	0,029 m $BeBr_2$	15″	Rohrzucker	0,019 m	0,0058 m	3,3
	0,029 m $BeBr_2$	30″	„	0,024 m	0,0058 m	4,1
	0,029 m $BeBr_2$	60″	„	0,030 m	0,0058 m	5,2
	0,029 m $BeBr_2$	90″	„	0,031 m	0,0058 m	5,3
	0,029 m $BeBr_2$	120″	„	0,027 m	0,0058 m	4,6
2	0,029 m $BeBr_2$	15″	„	0,024 m	0,010 m	2,4
	0,029 m $BeBr_2$	30″	„	0,042 m	0,010 m	4,2
	0,029 m $BeBr_2$	60″	„	0,053 m	0,010 m	5,3
	0,029 m $BeBr_2$	90″	„	0,053 m	0,010 m	5,3
	0,029 m $BeBr_2$	120″	„	0,047 m	0,010 m	4,7
3	0,029 m $BeBr_2$	15″	„	0,022 m	0,0058 m	3,9
	0,029 m $BeBr_2$	30″	„	0,030 m	0,0058 m	5,2
	0,029 m $BeBr_2$	60″	„	0,038 m	0,0058 m	6,6
	0,029 m $BeBr_2$	90″	„	0,038 m	0,0058 m	6,6
	0,029 m $BeBr_2$	120″	„	0,033 m	0,0058 m	5,7
4	0,029 m $BeBr_2$	15″	„	0,014 m	0,0070 m	2,0
	0,029 m $BeBr_2$	30″	„	0,026 m	0,0070 m	3,7
	0,029 m $BeBr_2$	60″	„	0,032 m	0,0070 m	4,6
	0,029 m $BeBr_2$	90″	„	0,031 m	0,0070 m	4,4
	0,029 m $BeBr_2$	120″	„	0,026 m	0,0070 m	3,7

den reagierenden Reiz aufsucht. Will man zu genauen Werten gelangen, so muß man eine Reihe von Vorversuchen anstellen, durch die ermittelt wird, in welchem Ausmaße sich die Erhöhung der

14) vgl. hier die gleichartigen Angaben in der Arbeit von Mayer, B. s. Fußn. 12, Seite 12. (Beachte besonders Seite 7 fgd.).

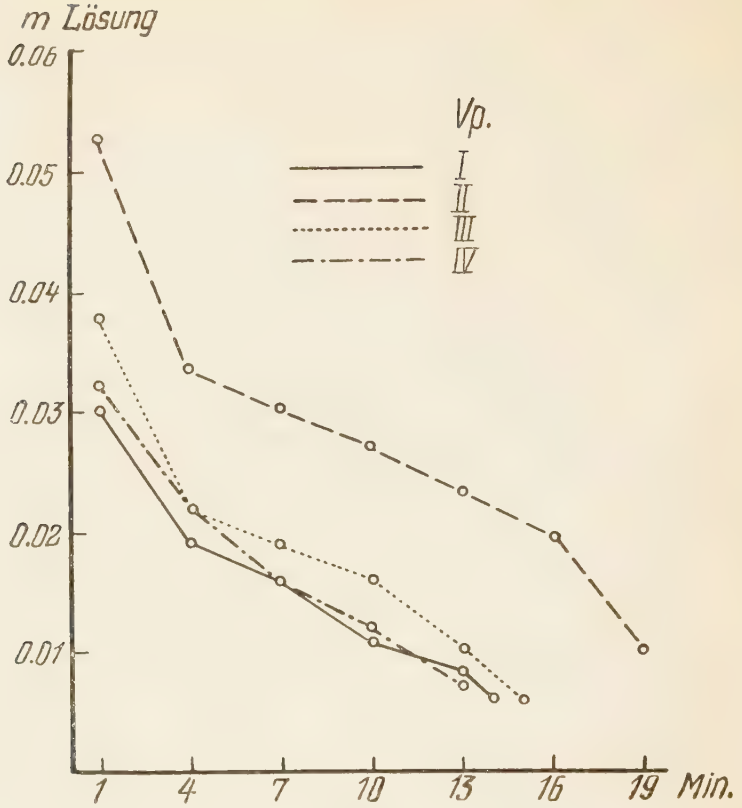


Abb. 2.
Das Abklingen der Umstimmung bei 4 Vpn. In der Abszisse sind die Zeiten in Minuten, in der Ordinate die molaren Konzentrationen der Rohrzuckerlösung als reagierender Reiz aufgetragen. Die Umstimmungsdauer betrug jeweils 60 Sek.

Schwellen bewegt. Es muß ja möglichst vermieden werden, daß durch den reagierenden Reiz (in meinem Falle eine Rohrzuckerlösung) etwa erneut eine Umstimmung erzeugt wird. Freilich war bei meinen Versuchen die Gefahr nicht sehr groß, weil die Rohrzuckerlösungen, die als reagierender Reiz dienten, sich im allgemeinen zwischen einer 0,01 und 0,05 m Lösung bewegten. Schon die Versuche von Mayer hatten unzweideutig gezeigt, daß bei Anwendung einer umstimmenden Rohrzuckerlösung von 0,59 m Konzentration der Grad der Umstimmung lange nicht so groß ist, als bei Verwendung etwa einer 1,47 m. Demgemäß kann man mit Sicherheit annehmen, daß bei den

Tabelle 8.

Feststellung des Abklingens der Umstimmung (Umstimmungsdauer 60″) für vier Vpn. Es bedeuten S_u den Schwellenwert für die Rohrzuckerlösung nach der Umstimmung des Geschmackswerkzeugs, S_n die normale Schwelle.

Vp	Umstimmender Reiz	Reagierender Reiz	Zeit nach erfolgter Umstimmung	S_u	S_n	$\frac{S_u}{S_n}$
1	0,029 m $BeBr_2$	Rohrzucker	4 Minuten	0,0190 m	0,0058 m	3,3
	0,029 m $BeBr_2$	„	7 „	0,0160 m	0,0058 m	2,8
	0,029 m $BeBr_2$	„	10 „	0,0110 m	0,0058 m	1,9
	0,029 m $BeBr_2$	„	13 „	0,0081 m	0,0058 m	1,4
	0,029 m $BeBr_2$	„	14 „	0,0058 m	0,0058 m	1,0
2	0,029 m $BeBr_2$	„	4 „	0,037 m	0,010 m	3,7
	0,029 m $BeBr_2$	„	7 „	0,030 m	0,010 m	3,0
	0,029 m $BeBr_2$	„	10 „	0,028 m	0,010 m	2,8
	0,029 m $BeBr_2$	„	13 „	0,023 m	0,010 m	2,3
	0,029 m $BeBr_2$	„	16 „	0,019 m	0,010 m	1,9
	0,029 m $BeBr_2$	„	19 „	0,010 m	0,010 m	1,0
3	0,029 m $BeBr_2$	„	4 „	0,0220 m	0,0058 m	3,8
	0,029 m $BeBr_2$	„	7 „	0,0190 m	0,0058 m	3,3
	0,029 m $BeBr_2$	„	10 „	0,0160 m	0,0058 m	2,8
	0,029 m $BeBr_2$	„	13 „	0,0100 m	0,0058 m	1,7
	0,029 m $BeBr_2$	„	15 „	0,0058 m	0,0058 m	1,0
4	0,029 m $BeBr_2$	„	4 „	0,0220 m	0,0070 m	3,1
	0,029 m $BeBr_2$	„	7 „	0,0160 m	0,0070 m	2,3
	0,029 m $BeBr_2$	„	10 „	0,0120 m	0,0070 m	1,7
	0,029 m $BeBr_2$	„	13 „	0,0070 m	0,0070 m	1,0

von mir benützten molaren Konzentrationen der Rohrzuckerlösung der Grad der Umstimmung s e h r g e r i n g war.

Die Lösung des reagierenden Reizes ließ ich nur so lange im Munde halten, bis die Abgabe eines sicheren Urteils möglich war. Im allgemeinen reichen hierzu 20 bis 30 Sekunden aus, sodaß die Gefahr einer erneuten Umstimmung schon mit Rücksicht auf die geringe Einwirkungsdauer stark herabgesetzt wurde.

Zur Umstimmung verwendete ich wieder die 0,029 m $BeBr_2$-Lösung und ließ diese 60 Sekunden einwirken, weil sich ja unzweideutig herausgestellt hatte, daß bei dieser Einwirkungsdauer bereits der höchste Grad der Umstimmung erreicht wird.

Das Abklingen der Umstimmung ist für meine 4 Vpn. in Tabelle 8 und in Abbildung 2 wiedergegeben. Es findet im allgemeinen so statt, daß die Wiederherstellung des ursprünglichen Zustandes des Geschmacksorganes anfänglich (im Verlauf der ersten 4 Minuten) große, später immer langsamere Fortschritte macht. Im allgemeinen war die Erholung des Geschmackswerkzeuges 11 bis 15 Minuten nach Beendigung der Umstimmung eine vollständige.

Die Abbildung 2 lehrt, daß die Kurven für sämtliche Vpn. annähernd parallel verlaufen. Doch liegen die Kurven für die Vpn. 1 und 4 ganz eng beisammen, während die Kurve von Vp. 3, vor allem aber die von Vp. 2 auf einem höheren Niveau verlaufen. Das besagt, daß die Erholung des Geschmackswerkzeuges bei Vp. 3 längere Zeit erforderte, als bei den Vpn. 1 und 4. Die längste Zeit zur Erholung war bei Vp. 2 notwendig.

Diese Erscheinung kann damit in Einklang gebracht werden, daß der Grad der Umstimmung bei Vp. 3 größer war als bei den Vpn. 1 und 4, und daß er sich bei der Vp. 2 am größten erwies.

Es hat sich also bei Verwendung einer 0,029 m $BeBr_2$-Lösung gezeigt, daß der G r a d der Umstimmung von der D a u e r derselben abhängig ist, solange Einwirkungszeiten von 15 bis etwa 60 Sekunden in Frage kommen. Zwischen 60 und 90 Sekunden Umstimmungsdauer erfährt die Umstimmung keine Steigerung mehr. Läßt man den umstimmenden Reiz länger als 90 Sekunden einwirken, so beginnt der Grad der Umstimmung bereits abzuklingen. Der Grad der Umstimmung schwankt unter sonst gleichbleibenden Bedingungen i n d i v i d u e l l.

Das Abklingen der Umstimmung geht so vor sich, daß die Erholung des Geschmacksorganes zuerst (im Verlaufe der ersten 4 Minuten) sehr rasche Fortschritte macht, von da ab immer langsamere. Sie ist aber im allgemeinen nach 15 Minuten beendet.

III. Zusammenfassung.

Es wurde die Geschmackswirkung von 11 anorganischen Beryllium-, Cadmium- und Manganverbindungen (Berylliumchlorid, Berylliumbromid, Berylliumnitrat, Berylliumsulfat, Cadmiumchlorid, Cadmiumbromid, Cadmiumnitrat, Cadmiumsulfat, Manganchlorür, Mangannitrat und Mangansulfat) geprüft. Dabei hat es sich herausgestellt, daß der Geschmack dieser Salze im allgemeinen auf die Komponenten bitter, salzig, sauer und süß zurückzuführen ist. Man kann demgemäß zu entsprechend konzentrierten Lösungen dieser Salze zumeist Mischungsgleichungen aufstellen, die für eine Vp. in ihrer Zusammensetzung konstant sind, die aber individuell in ihrer Zusammensetzung schwanken.

Die genannten Salze konnten nur in einer sehr schwachen Konzentration verwendet werden, weil sich sonst Nebenwirkungen in der Mundhöhle bemerkbar machen, die mit dem Geschmack nichts zu tun haben und infolgedessen das Aufstellen einer Geschmacksgleichung sehr erschweren. Die Schwellen für diese störenden Nebenempfindungen liegen oft so tief, daß sie mit den Geschmacksschwellen zusammenfallen. Das war z. B. bei dem $Cd(NO_3)_2$ der Fall, sodaß für diesen Stoff überhaupt keine Geschmacksgleichungen aufgestellt werden konnten.

Die Berylliumsalze zeichneten sich ausnahmslos durch ihren süßen Geschmack aus. Die Cadmiumsalze schmeckten vor allem bitter, ebenso die Mangansalze.

Infolge des stark süßen Geschmackes der Berylliumsalze machten sich Umstimmungen des Geschmackswerkzeuges bemerkbar, die in bezug auf ihren Grad und ihr Abklingen näher untersucht wurden.

Mein Lebenslauf.

Als Sohn des Postagenten Julius Stegner wurde ich am 13. März 1914 in Judenbach, Kreis Sonneberg/Thür., geboren. Ich bin evangelischer Konfession. In den Jahren 1920 bis 1924 besuchte ich die Volksschule in Judenbach, darauf die Oberrealschule in Sonneberg, wo ich Ostern 1933 die Reifeprüfung ablegte. Vom Sommersemester 1933 bis Wintersemester 1936/37 studierte ich in Jena Zahnheilkunde, wo ich im März 1937 zum Zahnarzt approbierte.